Aus dem Tropenmedizinischen Institut der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. H. J. Knüttgen

DIE SCHÄTZUNG DER GESAMTSCHWEISSMENGE AUS DER SCHWEISSPRODUKTION REPRÄSENTATIVER HAUTAREALE IM VERGLEICH ZU DER DIREKT AUS DEM GEWICHTSVERLUST BESTIMMTEN SCHWEISSMENGE

INAUGURAL – DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

dem Fachbereich Theoretische Medizin
der Eberhard–Karls–Universität
zu Tübingen

vorgelegt von

B. SORNYOUN KOROMA
aus Limba-Bagbo / Sierra Leone

1978

Aus dem Tropenmedizinischen Institut der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. H. J. Knüttgen

DIE SCHÄTZUNG DER GESAMTSCHWEISSMENGE AUS DER SCHWEISSPRODUKTION REPRÄSENTATIVER HAUTAREALE IM VERGLEICH ZU DER DIREKT AUS DEM GEWICHTSVERLUST BESTIMMTEN SCHWEISSMENGE

INAUGURAL – DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

dem Fachbereich Theoretische Medizin
der Eberhard–Karls–Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
B. SORNYOUN KOROMA
aus Limba-Bagbo / Sierra Leone

1978

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Professor Dr. med. H. J. Mallach

Berichterstatter: Professor Dr. med. W. Höfler
(Professor Dr. med. H. J. Knüttgen)

GEDRUCKT BEI FA. HANS-JOACHIM KÖHLER - 74 TÜBINGEN - NEUE STR.11

Meiner Mutter

Vorwort

Ich komme aus einem Land in den Tropen und interessiere mich deshalb besonders für Tropenmedizin.

Schon bevor ich in den klinischen Semestern war, habe ich vorzeitig Vorlesungen über Tropenmedizin im Tropenmedizinischen Institut der Universität Tübingen besucht.

Zu dieser Zeit liefen dort schon Versuchsreihen über Schweißproduktion und Arbeitsleistung.
Es war für mich erstaunlich, daß viele Leute so stark schwitzen, denn ich schwitze selbst kaum.
Dies faszinierte mich so sehr, daß ich um eine Arbeit in dieser Richtung bat.
Prof. Höfler empfahl mir eine Zusammenarbeit mit Kollege Kamanabroo über die Messung der Schweißproduktion in einem feuchtheißen Klima.

So entstand diese Arbeit.

Theoretische Überlegungen:

Schweißabsonderung ist ein wichtiger Mechanismus der Körpertemperaturregulation. Die Schweißdrüsen dienen der Wärmeabsorption an der Körperoberfläche. An der Temperaturregulation ist eine Serie von Energieumwandlungen beteiligt:

1. Mechanische Arbeit verursacht erhöhten Stoffwechsel im Körper.
   Damit produziert der Körper auch
2. Wärme. Diese wird vor allem durch erhöhte Schweißsekretion kompensiert.
   Wärme wird auf mehreren Wegen abgegeben:

a) Radiation = langwellige Wärmestrahlung. Nach STEFAN-BOLTZMANN ist dieser Wärmeverlust abhängig von der Beschaffenheit der Körperoberfläche. Gegenstände mit glänzender Oberfläche verlieren mehr Wärme durch Radiation als Gegenstände mit matterer Oberfläche, wenn diese der gleichen Wärmequelle ausgesetzt sind. Die menschliche Haut verhält sich dabei nahezu wie ein „schwarzer Körper", d.h. die Absorption langwelliger Wärmestrahlung entspricht der Ausstrahlung. Die Hautfarbe hat hierauf keinen Einfluß. Dagegen wird kurzwellige Strahlung (sichtbares Licht, Ultraviolett) von heller Haut stärker reflektiert als von pigmentierter Haut.

b) Konvektion: Wärme wird an die am Körper vorbeistreichende Luft abgegeben. Je größer die Windgeschwindigkeit, desto stärker wird die Konvektionswärmeabgabe gefördert.

c) Konduktion: sie vollzieht sich durch Wärmeabgabe von einem heißeren Körper an einen relativ kälteren, wenn beide direkten Kontakt haben. Die Konduktion ist beendet, wenn beide Körper dieselbe Temperatur angenommen haben. Beim Wärmeaustausch des Körpers mit der Luft werden Konvektion und Konduktion meist zusammengefaßt.

d) Evaporation: das ist die Verdunstung von Wasser, die stark von der Temperatur und der Windgeschwindigkeit abhängt. Durch Schweißverdunstung verliert der Körper eine erhebliche Wärmemenge. Wärme wird in Kalorien gemessen. Eine kal ist diejenige Wärmemenge, die erforderlich ist, um 1 g Wasser von 14 auf 15 °C zu erwärmen. Jeder Liter Schweiß, der auf der Haut verdampft, absorbiert eine Wärmemenge von 58o kcal, das ist rund ein Drittel des Grundumsatzes eines Tages KEIDEL (197o).
Je höher die Luftfeuchtigkeit, desto stärker wird die Evaporation beeinträchtigt.
Je kleiner ein Körper, desto größer ist die relative Oberfläche und somit der Wärme- bzw. Energieverlust.

Bei der Arbeit in heißem Klima muß man Akklimatisierte und Nichtakklimatisierte unterscheiden.
Unter Akklimatisation versteht man die langfristige Anpassung des Organismus an Hitze oder Kälte. Uns interessiert hier nur die Anpassung an Hitze. Der Vorgang der Akklimatisation kann einige Tage bis Monate dauern. Die Rückbildung dauert genauso lange. Das Resultat der Akklimatisation ist eine "höhere Ökonomie der Thermoregulation" KEIDEL (197o S.23o).
Die physiologischen Umstellungen bei der Hitzeakklimatisation betreffen vor allem die Schweißabsonderung.

1. Schweißmenge: KUNO (1956), LADELL (1957), SCHMOLL (1966), HÖFLER und LAASER (1968) stellten bei ihren Untersuchungen fest, daß die Schweißmenge in feuchtheißem Klima um 1oo bis 2oo Prozent steigt. Dadurch kommt es zu einer größeren Wärmeabgabe.
2. Die Schweißabsonderung verläuft gleichmäßiger und ökonomischer. Während beim Unakklimatisierten Schweißausbrüche und Phasen ungenügender Schweißproduktion abwechseln, sondert der Vollakklimatisierte laufend gerade soviel Schweiß ab, wie verdunsten kann, so daß es nicht zur Schweißtropfenbildung kommt und die Haut trocken erscheinen kann. Dadurch wird eine ökonomischere Kühlung erreicht KEIDEL (197o), GUYTON (1961).

3. Die Elektrolytenkonzentration im Schweiß sinkt im Laufe der Akklimatisation, wodurch die Verdunstungsfähigkeit erhöht und der NaCl-Verlust vermindert wird. LAASER (1968) untersuchte und diskutierte ausführlich die Elektrolytenkonzentration im Schweiß.
4. Die Zahl der aktiven Schweißdrüsen vermehrt sich nur bis zum Ende des 2. Lebensjahres. Später allerdings nimmt nur die Produktion der einzelnen Schweißdrüsen zu.
5. Es kommt zu einer Umverteilung der Aktivität der Schweißdrüsen. Die Intensität der Schweißsekretion verschiebt sich vom Rumpf auf die Extremitäten. Die relativ größere Fläche und der kleinere Krümmungsradius garantiert bessere Verdunstungsbedingungen. ASCHOFF (1956, 1958a, 1958b), KERSLAKE (1963), LAASER (1968), RÜHLING und HÖFLER (197o). LAASER (1968) stellte während eines Akklimatisationsversuchs folgendes fest: Die Gesamtschweißmenge stieg in den ersten 3 Wochen an. Danach blieb sie auf demselben Niveau. In der 1. Woche nahm die Schweißmenge an Armen und Beinen relativ zunächst ab, stieg aber bis Ende der 3. Woche wieder an und blieb bei dieser Höhe. Am Kopf nahm die Schweißmenge bis Ende der 3. Woche ab und blieb dann konstant. Am Stamm stieg die Schweißsekretion gewaltig und erreichte die höchste Grenze am Ende der 2. Woche. In der 3. Woche fiel sie schnell ab. In der 4. Woche war immer noch ein gringer Abfall festzustellen.

Methodik und Fragestellung:

WEINER (1945) maß die lokale Verteilung der Schweißproduktion, indem er an 3o verschiedenen Hautstellen die Schweißsekretion innerhalb einer festgesetzten Zeitspanne bestimmte.

HÖFLER und Mitarbeiter versuchten in langjährigen Untersuchungen diese zeitaufwendige Methode insofern zu modifizieren, als sie die Zahl der Meßstellen verringerten und überprüften, ob man trotzdem verwertbare Resultate bekam.

BEN JELLOUN (1969) verwendete 25 bzw. 17 Meßstellen, ETTRICH (1972) und HUSSAIN (1973) verwendeten 19 bzw. 11 Meßstellen. Bei der Methode, in der nur 11 Meßstellen verwendet wurden, wurden jedoch am Rumpf und an den Extremitäten nicht die sonst üblichen Plexiglasringe (siehe weiter unten) verwendet, sondern zur Vergrößerung der Meßfläche benutzte man mit Moltex überzogenen Zellstoff.

In unserer Arbeit verwendeten wir 11 Meßstellen, aber die Zellstofflächen wurden nach dem Vorschlag von ETTRICH (1972) verkleinert.
Durch unsere Untersuchung sollte geklärt werden, wie gut sich die Gesamtschweißmenge aus der Schweißproduktion dieser 11 Hautareale schätzen läßt.
Es geht im einzelnen um folgende Fragen:

1. Stimmt die aus den repräsentativen Hautarealen bestimmte "Integrale Schweißmenge" IS mit der aus dem Gewichtsverlust bestimmten Schweißmenge GS überein?
2. Bestehen hierbei individuelle Unterschiede?
3. Welches der beiden Verfahren ist zuverlässiger?
4. Wodurch sind eventuelle Unterschiede zwischen beiden Verfahren bedingt?

Versuchsanordnung:

Versuchsplatz war die Klimakammer des Tropenmedizinischen Instituts der Universität Tübingen.
Die Klimakammer ist vollkommen von der Außenwelt isoliert, und man kommuniziert mit der Versuchsperson (Vp) mittels einer Sprechanlage.
Temperatur und Luftfeuchtigkeit des Raumes werden konstant gehalten. Die klimatisierte Luft strömt aus einer breiten Öffnung am Boden der Kammer ein, steigt an der gegenüberliegenden Wand auf und strömt an der Decke entlang in die Klimatisierungsanlage zurück.

Versuchspersonen:

Als Versuchspersonen standen uns 4 Studenten der Universität Tübingen zur Verfügung. Jede Vp nahm an 6 Versuchen teil. Zwischen den einzelnen Versuchen lagen jeweils mindestens 3 - 5 versuchsfreie Tage, sodaß die Vpn nicht hitzeakklimatisiert waren.
Über die physischen Daten der Vpn orientieren die Tabellen I und II.

Tabelle I

Vp	Alter	Größe	Gewicht	Oberfläche
I (M.)	24 J.	185 cm	87 kg	2.1791 m^2
II(Ka.)	31 J.	176 cm	73 kg	1.9426 m^2
III (L.)	25 J.	179 cm	69 kg	1.9329 m^2
IV (Ko.)	28 J.	169 cm	63,3 kg	1.7699 m^2

Tabelle II : Pronzentualer Anteil der Körperteile an der Oberfläche

Vp	Kopf	Stamm	Arme	Beine
I	6,0%	37,0%	19,0%	38,0%
II	5,9%	39,2%	17,0%	37,9%
III	6,2%	36,1%	19,2%	38,5%
IV	6,7%	35,1%	18,7%	39,5%

Versuchsplan:

In allen Versuchen wurde das gleiche Klima eingehalten. Die Trockentemperatur betrug 33,8 - 34,4 °C (im Mittel 34,1 °C), die Feuchttemperatur 29,6 - 3o,7 °C (im Mittel 3o,2 °C). Es handelt sich also um ein feuchtwarmes Klima mit einer relativen Luftfeuchte von 75%, entsprechend einem Wasserdampfdruck der Luft von 3o,1 Torr.

Nach Betreten der Klimakammer wurden ein fotoelektrischer Pulszähler am Ohr und Thermoelemente zur Messung der Mundtemperatur und der Hauttemperaturen von Stirn, Brust, Handrücken und Oberschenkel angelegt, außerdem das Körpergewicht mit einer Seca-Dezimalwaage und die Rectaltemperatur mit einem klinischen Thermometer bestimmt.

Dann ruhte die Vp 4o Minuten in einem mit Plastikschnur bespannten Sessel, um mit der Umgebungstemperatur ins Gleichgewicht zu kommen.

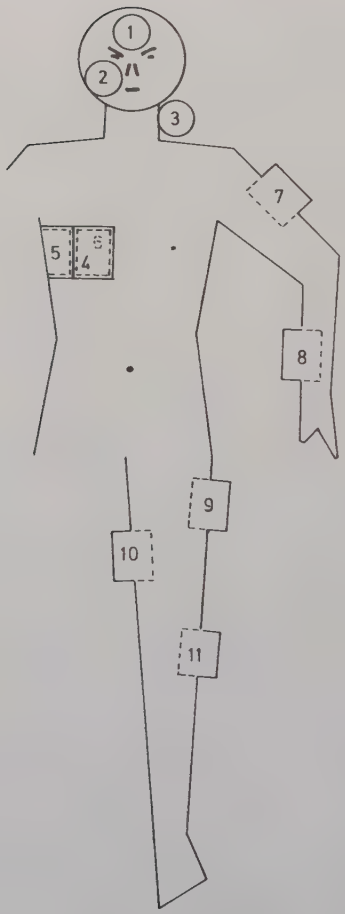
Darauf folgten 6 Arbeitsperioden auf dem Fahrradergometer von je 5o Minuten Dauer. Vor und nach jeder Arbeitsperiode wurden Rectaltemperatur und Körpergewicht bestimmt. Während der Arbeit ersetzte die Vp den Gewichtsverlust der vorangegangenen Arbeit durch Trinken von körperwarmen Tee (i.allg. 2oo - 5oo ml je Arbeitsperiode).

Die Arbeitsleistung betrug in der 1. und 4. Sitzung 6 mkp/s, in der 3. und 6. Sitzung 4 mkp/s, in der 2. und 5. Sitzung 1 mkp/s.

Das entsprach einem durch Indirekte Kalorimetrie gemessenen Gesamtumsatz von 125 bzw. 2oo, bzw. 231 Kcal/h (Mittelwert aller Bestimmungen bei allen Vpn).

Unmittelbar im Anschluß an die letzte Arbeit wurden die Plexiglasringe bzw. Moltexflächen angelegt und die Bestimmung der lokalen Schweißproduktion der 11 repräsentativen Hautareale durchgeführt (s. weiter unten), was insgesamt etwa 25 Minuten in Anspruch nahm.

Anschließend wurde noch einmal das Körpergewicht bestimmt.



A b b i l d u n g 1

Verteilung der Meßstellen auf der Körperoberfläche.

Plexiglasringe

Moltexwindeln auf der Vorderseite

Moltexwindeln auf der Rückseite des Körpers

Messung der lokalen Schweißproduktion und der Integralen Schweißmenge IS:

Die Verteilung der repräsentativen Hautareale auf der Körperoberfläche ist in der A b b 1. dargestellt.
An Stirn, rechter Wange und am Hals links vor dem m.sternocleidomastoideus wurden mit Hilfe elastischer Bänder mit Klettenverschluß Plexiglasringe von 4 cm Durchmesser und 2 cm Höhe angebracht, über dem rechten m.pectoralis, an der rechten Thoraxseite, am Rücken unterhalb des rechten Schulterblattes, an der Außenseite des linken Oberarms, der Volarseite des linken Unterarms, an der Außenseite oben und der Innenseite in der Mitte des linken Oberschenkels und an der Außenseite des linken Unterschenkels wurden Moltexwindeln von 1o x 14 cm Fläche auf die vorher abgetupfte Haut aufgelegt und mit Polyaethylenfolie, die am Rand mit Filzstreifen abgedichtet und durch Gummibänder in Position gehalten war, abgedeckt. Bevor die Plexiglasringe mit Parafilmfolie verschlossen wurden, wurde auch hier die Haut mit einem Wattetupfer leicht abgetrocknet. Das Verschließen der Plexiglasringe und Auflegen der Moltexflächen erfolgte im Abstand von je 3o sec. 6 Minuten nach Verschließen des ersten Plexiglasringes wurden die Ringe in der gleichen Reihenfolge, wieder in je 3o sec. Abstand geöffnet, der innerhalb der Ringe gebildete Schweiß mit einem Wattebäuschchen aufgenommen, das sofort in einem Glasröhrchen verschlossen wurde, und die Moltexwindeln in Beuteln aus Plastikfolie deponiert. Da die Wattebäusche bzw. Moltexwindeln mit ihrem Behälter vorher abgewogen waren, ergab sich die Schweißproduktion der 11 Meßstellen einfach aus der Gewichtsänderung. Aus der Gewichtsänderung wurden die folgenden Größen berechnet:

1. Schweißintensität (mg/1oo cm^2 . min)
2. Schweißrate (g/h) von Stamm, Kopf, Armen, Beinen, durch Umrechnung auf die nach DU BOIS a. DU BOIS (1915) bestimmte Oberfläche der einzelnen Körperteile.
3. Integrale Schweißmenge IS (g/h) aus der Summe der Schweißraten der einzelnen Körperteile.

Durch die Meßstellen an den repräsentativen Hautarealen werden insgesamt durchschnittlich 5,9% der Körperoberfläche erfaßt (3,2% vom Kopf, 5,8% vom Stamm, 7,7% von den Armen, 5,6% von den Beinen).

E R G E B N I S S E:

Die Ergebnisse der Untersuchung sind in den Tabellen III und IV und den Abbildungen 2 - 8 dargestellt.

Im Durchschnitt beträgt die aus den repräsentativen Hautarealen bestimmte Integrale Schweißmenge IS bei Vp I 93%, bei Vp II 1o4%, bei Vp III 117%, bei Vp IV 1o5% der aus dem Gewichtsverlust bestimmten Schweißmenge GS.

In den einzelnen Versuchen ist IS 8 mal niedriger (Minimum IS/GS = o,73)
9 mal höher (Maximum IS/GS = 2,23) und
5 mal gleich wie GS.

Die Unterschiede zwischen IS und GS sind offenbar zufällig verteilt.

Sie zeigen weder in der Richtung noch im Absolutwert eine Abhängigkeit von der Arbeitsbelastung und ebenso wenig von der Versuchsperson.

Die Regressionsanalyse 2. Grades (Abb. 2) zeigt, daß eine enge Korrelation zwischen beiden Größen besteht (Korrelationskoeffizient r = o,8o3 bei n = 22; $p < o,oo1$), und daß die Einzelwerte zufällig um die 45-Grad-Gerade streuen.

Ohne Berücksichtigung der Arbeitsbelastung ist bei allen Vpn die Streuung der Einzelwerte von IS mit $\pm$ 8,4% bis $\pm$ 26,5% deutlich niedriger als die Streuung von GS mit $\pm$ 19,8% bis $\pm$ 38,2% (Tab. III). Das liegt zum Teil daran, daß die Anstiegssteilheit mit zunehmender Arbeitsbelastung bei IS nicht ganz so groß ist wie bei GS (Tab. IV, Abb. 7, 8), zum Teil aber auch an der insgesamt besseren Übereinstimmung der Doppelbestimmungen von IS bei jeweils gleicher Arbeitsleistung. Das ist ablesbar an dem z.T. signifikant höheren Korrelationskoeffizienten für die Abhängigkeit der IS von der Arbeitsleistung bei geringerer Anstiegssteilheit (Abb. 7, 8). Eine Ausnahme macht allerdings die Vp IV, bei der praktisch keine Abhängigkeit der IS von der Arbeitsleistung besteht (Abb. 8 unten).

Tabelle III

Integrale Schweißmenge IS und Schweißmenge aus dem Gewichtsverlust GS der 4 Vpn mit Standardabweichung.

IS und GS in g/h

Arbeits-leistung	Vp I IS	Vp I GS	Vp II IS	Vp II GS	Vp III IS	Vp III GS	Vp IV IS	Vp IV GS		IS	GS
6 mkp/s	394	469	469	364	-	-	222	232	$\bar{m}$	348	372
6	4o9	462	386	45o	362	362	195	265	$\pm$	1o1	96
4	379	476	293	265	29o	161	216	2o3	$\bar{m}$	298	287
4	396	333	322	327	-	-	191	241	$\pm$	76	1o4
1	339	363	266	141	221	224	176	79	$\bar{m}$	256	219
1	31o	295	229	278	296	25o	2o8	123	$\pm$	56	97
$\bar{m}$	371	399	328	3o4	292	249	2o1	191			
s	$\pm$ 38	79	87	1o4	58	84	17	73			
%	$\pm$ 1o,2	19,8	26,5	34,2	2o,o	33,3	8,4	38,2			

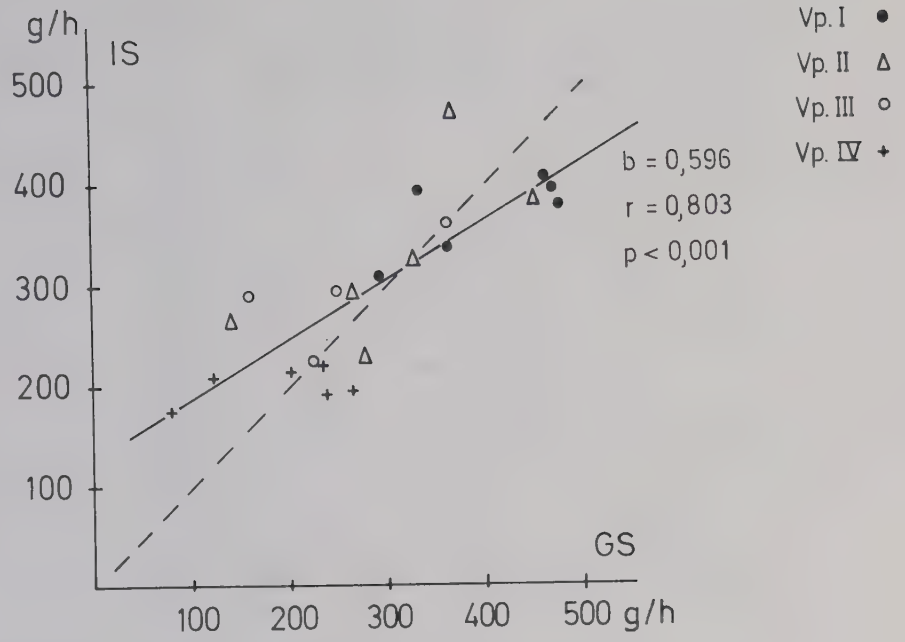


Abb. 2
Korrelation zwischen Integraler Schweißmenge IS und aus dem Gewichtsverlust bestimmter Schweißmenge GS bei den 4 Versuchspersonen.

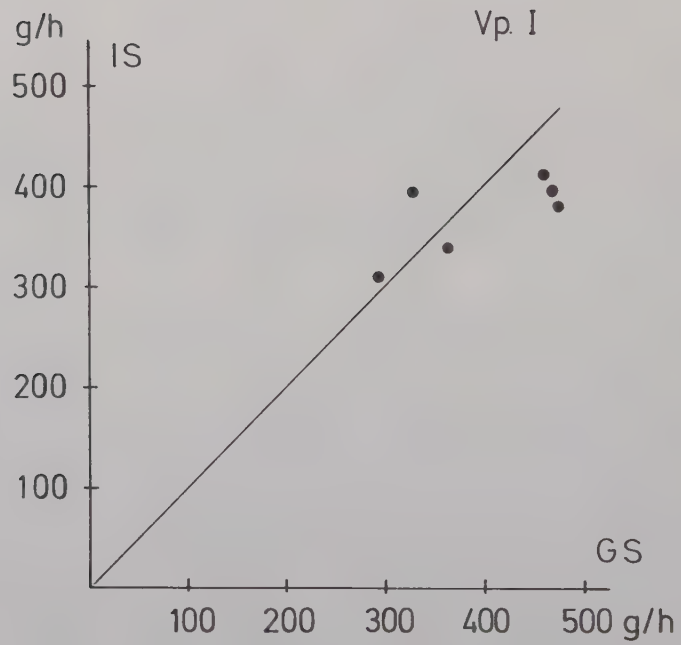


Abb. 3

Beziehung zwischen IS und GS bei Vp I

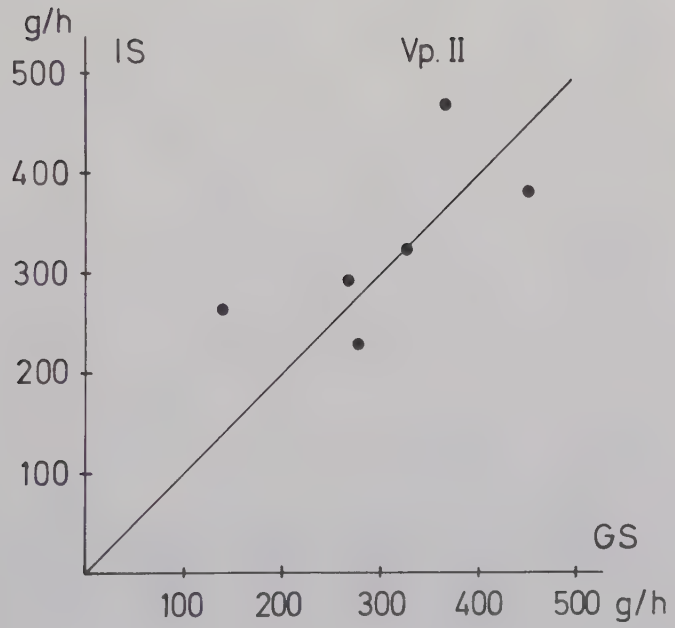


Abb. 4
Beziehung zwischen IS und GS bei Vp II

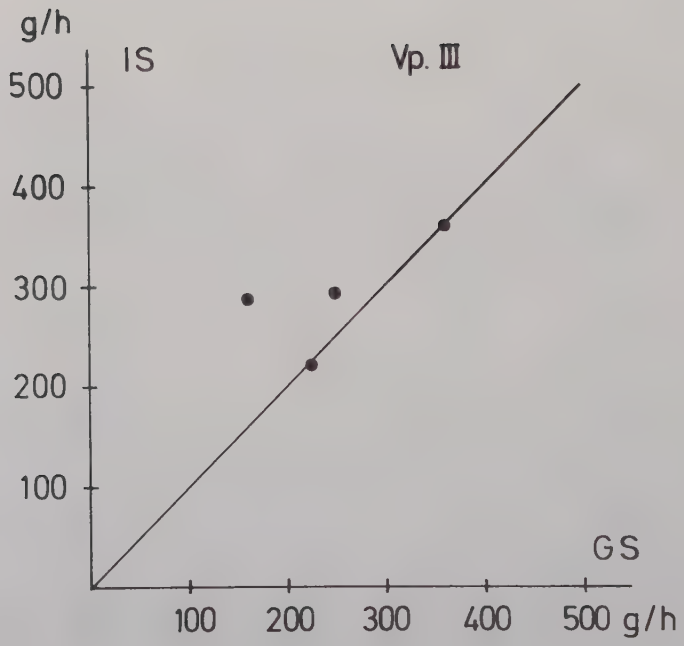


Abb. 5
Beziehung zwischen IS und GS bei Vp III

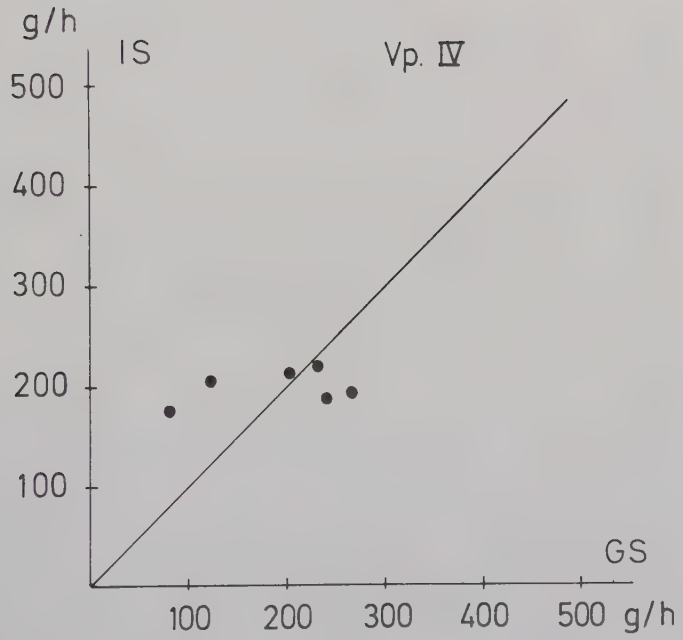


Abb. 6
Beziehung zwischen IS und GS bei Vp IV

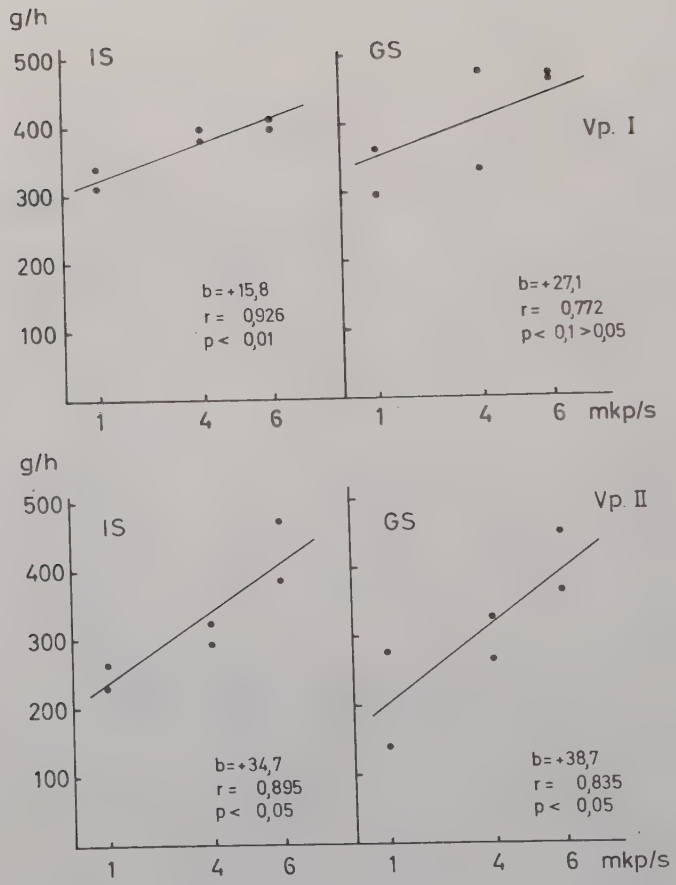


Abb. 7

Abhängigkeit von IS (links) bzw. GS (rechts) von der Arbeitsleistung bei Vp I und Vp II

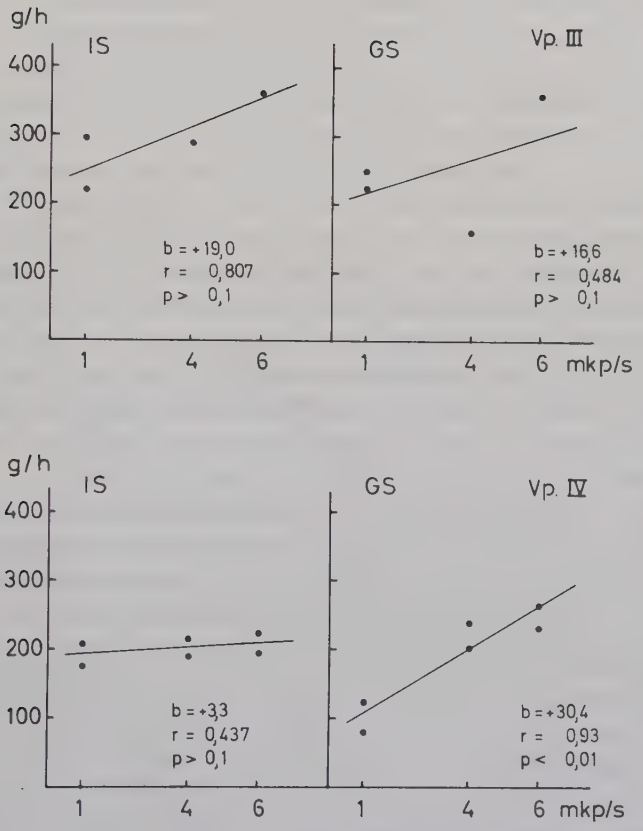


Abb. 8

Abhängigkeit von IS (links) bzw. GS (rechts) von der Arbeitsleistung bei Vp III und Vp IV

D I S K U S S I O N :

Ein Kriterium für die Brauchbarkeit eines Verfahrens zur Schweißmengenbestimmung ist die Abhängigkeit der gewonnenen Werte von der Arbeitsleistung, da die Schweißproduktion mit der "äußeren" Wärmebelastung durch das Klima und der "inneren" Wärmebelastung durch körperliche Arbeit zunimmt KUNO (1936), ADOLPH (1947), IWATAKE (1947), HÖFLER (1966), SCHMAUZ (1969) und HÖFLER (1969).
Das trifft in dieser Arbeit für die aus dem Gewichtsverlust bestimmte Schweißmenge GS bei den Vpn I, II und IV zu, für die an repräsentativen Hautarealen bestimmte Schweißmenge IS bei Vp I und II. Bei den Schweißmengen der Vp III ist diese Abhängigkeit nur wegen der zu geringen Zahl der Bestimmungen statistisch nicht zu sichern (je ein Versuch bei 6 mkp/s bzw. 4 mkp/s waren wegen technischer Fehler bei Bestimmung von GS nicht auswertbar). Die fehlende Abhängigkeit der IS von der Arbeitsleistung bei Vp IV bedarf weiter unten noch einer Erörterung.

Sodann kann der Beurteilung die befriedigende Übereinstimmung zwischen IS und GS zugrundgelegt werden. In Einzelfällen bestehen hier zwar erheblich Unterschiede, insgesamt aber eine sehr enge Korrelation zwischen beiden Verfahren (Abb. 2).

In früheren Untersuchungen unseres Laboratoriums mit 19 Meßstellen von insgesamt 35o cm^2 LAASER (1967) bzw. 11 Meßstellen mit 16oo cm^2 ETTRICH (1971), HUSSAIN (1973) war eine gute Übereinstimmung von IS und GS bis zu Schweißmengen von 7oo - 75o ml/h gefunden worden. Bei höheren Schweißmengen war IS regelmäßig höher als GS, was sich auf einen systematischen Fehler durch ungenügende Abdichtung zurückführen ließ. Beträge solcher Höhe wurden in dieser Arbeit nicht erreicht, sodaß hierzu nicht Stellung genommen werden kann. Immerhin wurden aber für Schweißmengen bis 476 ml/h keine systematischen Unterschiede zwischen den beiden Verfahren gefunden.

Auffällig sind die Ergebnisse an der Vp IV, die sich in mehrfacher Hinsicht von den anderen drei Vpn unterscheidet. Sie hat bei allen Arbeitsleistungen die niedrigsten Werte von IS und GS. Die aus den repräsentativen Hautarealen bestimmte Integrale Schweißmenge IS zeigt keine signifikante Abhängigkeit von der Arbeitsleistung (Abb. 8).
Der Tabelle IV läßt sich entnehmen, daß dafür das Verhalten der Schweißsekretion von Kopf und Stamm verantwortlich ist. Bei den anderen Vpn steigt die Schweißbildung von Stamm und vor allem Kopf mit der Arbeitsleistung steil an, nicht aber bei Vp IV. Arme und Beine haben zwar im Durchschnitt die niedrigsten Werte, unterscheiden sich aber nicht signifikant von den Werten der anderen Vp, bei denen die Schweißbildung der Extremitäten ebenfalls nicht mit der Arbeitsleistung zunimmt. Noch deutlicher ist die Abweichung der Vp IV von den anderen Vpn beim prozentualen Anteil der Extremitätenschweißmenge an der Gesamtschweißmenge. Bei Vp I, II und III liefern die Extremitäten 28,6 - 46,2% der gesamten Schweißbildung, also erheblich weniger als ihrem Oberflächenanteil von 54,9-57,7% entspricht (Tab. II).
Das entspricht der für Nichtakklimatisierte typischen lokalen Verteilung der Schweißbildung HÖFLER (1968). Bei der Vp IV werden dagegen von Armen und Beinen 53,3 - 60,3% der Gesamtschweißmenge gebildet, also etwa soviel wie ihrem Oberflächenanteil entspricht. In dieser Hinsicht verhält sich die Vp IV also wie ein Akklimatisierter.
Nun ist die Vp IV - der Autor selbst - ein Afrikaner. Da er zum Zeitpunkt der Versuche schon mehrere Jahre in Deutschland gelebt hat, läßt sich die Abweichung gegenüber den anderen Vpn nicht durch Hitzeakklimatisation erklären, die er längst verloren haben muß. Vielleicht läßt sich die Beobachtung darauf zurückführen, daß in einem tropischen Klima Geborene eine größere Zahl gleichmäßiger auf der Körperoberfläche verteilter Schweißdrüsen besitzen sollen KUNO (1956), auch wenn es dem widersprechende Angaben in der Literatur gibt THOMSON (1954), PHADKE a.SCHMAUZ (1969).

Wenn diese Interpretation zutrifft, ist möglicherweise das Verhalten von Kopf und Stamm der Vp IV dadurch bedingt, daß die an Europäern entwickelte Methode zur Bestimmung der lokalen Schweißproduktion und der Integralen Schweißmenge IS bei einem Afrikaner mit einer anderen, gleichmäßigeren Verteilung der Schweißdrüsen nicht repräsentative Hautareale erfaßt.
Der Vergleich der Schweißproduktion und Schweißverdunstung an der behaarten Kopfhaut bei glatthaarigen Europäern und bei Afrikanern mit ihrem dichten Kraushaar, das sehr viel günstigere Verdunstungsbedingungen bieten dürfte, könnte hier aufschlußreich sein.
Es ist bei dieser Erörterung noch zu beachten, daß die in Einzelfällen größeren Unterschiede zwischen IS und GS wahrscheinlich zum größeren Teil darauf zurückzuführen sind, daß der Gewichtsverlust mit einer medizinischen Dezimalwaage mit einer Skalenteilung von 100 g bestimmt werden mußte, die höchstens eine Ablesung auf $\pm$ 50 g genau erlaubt. Dafür spricht, daß bei jeder der 4 Vpn die Standardabweichung von IS (T a b e l l e IV) geringer ist als die von GS.

Nach dem X-Test von VAN DER WAERDEN (1956) ist der Unterschied mit $p<0{,}05$ signifikant.
Die Bestimmung der Schweißmenge aus der Messung der lokalen Schweißproduktion repräsentativer Hautareale mit einem Oberflächenanteil von nur 5,9% ist daher der Bestimmung aus dem Gewichtsverlust vorzuziehen, wenn nicht eine sehr genaue und daher große und teure Waage zur Verfügung steht. Wegen größerer, zufallsbedingter Abweichungen im Einzelfall ist jedoch immer eine Serie von mehreren Bestimmungen erforderlich, wenn man eine zuverlässige Schätzung der Schweißmenge erreichen will.

Außer dem hier angewandten Verfahren gibt es noch andere Methoden, bei denen die Schweißverdunstung kleiner Hautareale mit Hilfe einer elektronischen Mikrowaage HEERD (1960), OPPERMANN (1966) oder durch fortlaufende Messung der Luftfeuchte

in einer kleinen, auf die Haut aufgesetzten Kapsel bestimmt wird (CUSTANCE-Sudorimeter des CANADIAN RESEARCH INSTITUTE). Diese Verfahren sind sehr genau, doch apparativ sehr aufwendig und teuer. Es können daher damit höchstens 2 ausgewählte Hautareale erfaßt werden. Da sie nicht die lokale Schweißproduktion, sondern die Schweißverdunstung messen, können sie für unsere Fragestellung nicht angewandt werden. Dafür bleibt man auf das von WEINER (1945) entwickelte, verhältnismäßig primitive, Verfahren zur Bestimmung der lokalen Schweißproduktion angewiesen, wie es in dieser Arbeit in einem auf praktische Brauchbarkeit reduzierten Umfang verwendet wurde.

Tabelle IV

Schweißraten der Körperteile der 4 Vpn (g/h) und Anteil der Extremitäten an IS in %.

	6 mkp/s				4 mkp/s				1 mkp/s			
	Kopf	Stamm	Arme	Beine	Kopf	Stamm	Arme	Beine	Kopf	Stamm	Arme	Beine
Vp I	52	172	6o	11o	62	147	6o	11o	37	137	5o	115
			43,2%				44,9%				48,7%	
	62	15o	74	115	62	137	57	9o	34	128	53	95
			46,2%				37,1%				47,7%	
Vp II	41	294	5o	84	37	129	48	79	12	129	46	79
			28,6%				43,4%				47,o%	
	57	193	48	88	56	138	44	84	17	1o6	36	7o
			35,2%				39,8%				46,3%	
Vp III	75	1o9	55	99	63	1o9	42	76	15	92	42	72
			45,6%				4o,8%				51,6%	
	97	138	46	81	1o6	1o5	46	95	78	93	44	81
			35,1%				4o,o%				42,2%	
Vp IV	18	7o	5o	84	12	89	44	71	6	67	36	67
			6o,3%				53,3%				58,6%	
	12	74	38	71	13	67	4o	71	8	78	42	8o
			56,o%				58,1%				58,6%	

Z U S A M M E N F A S S U N G:

An 4 Vpn wurde die Schweißproduktion in einem feuchtheißen Klima von 34 °C und 75% Relativer Luftfeuchte bei Arbeitsleistungen von 6,4 und 1 mkp/s bestimmt, indem aus der Schweißbildung 11 repräsentativer Hautareale von insgesamt 5,9% der Körperoberfläche die Integrale Schweißmenge IS bestimmt wurde.

Die so bestimmte IS zeigt gegenüber der aus dem Gewichtsverlust bestimmten Schweißmenge GS bis zu einer Höhe von 476 g/h keinen systematischen Unterschied.

Die Streuung der Meßergebnisse ist bei der IS signifikant geringer als bei Verwendung einer üblichen medizinischen Personenwaage.

Eine verwertbare Schätzung der Schweißmenge erfordert aber immer eine Serie von mehreren Messungen unter gleichen Bedingungen.

Die mögliche Ursache des abweichenden Verhaltens einer afrikanischen Vp werden diskutiert.

LITERATUR:

ALA ABBAS,HUSSAIN: Die Schätzung der Gesamtschweißmenge aus der Schweißproduktion repräsentativer Hautareale nach zwei verschiedenen Methoden. Dissertation Tübingen 1973

ASCHOFF,J.: Wechselwirkung zwischen Kern und Schale im Wärmehaushalt. Arch. Phys. Ther. 8, 113-133 (1956)

– Die Extremitäten als Effektoren der physikalischen Temperaturregulation. Wiener Med. Wschr. 108, 404-409 (1958)

BEN JELLOUN,M: Methodische Untersuchungen zur lokalen Verteilung der Schweißbildung. Einfluß der Zahl der Meßstellen. Dissertation Tübingen 1969

DU BOIS,D. and DU BOIS,E.F.: The Measurement of the Surface Area of Man. Arch. Int. Med. 15, 868-881 (1915)

ETTRICH,W.: Vergleich zweier Methoden zur Messung der lokalen Schweißproduktion. Dissertation Tübingen 1971

GUYTON,A.C.: Textbook of Medical Physiology Philadelphia and London 1964

HEERD,E. und OPPERMANN,CH.: Untersuchungen über die Wasserdampfabgabe kleiner Hautflächen beim Menschen. Pflügers Archiv 291, 163-186 (1966)

HÖFLER,W.: Changes in the Regional Distribution of Sweating. J. Appl. Physiol. 25, 503-506 (1968)

HÖFLER,W. und SCHMAUZ,R.: Abhängigkeit physiologischer Größen vom Klima bei 10monatigem Tropenaufenthalt. Kongreßbericht über die IV. Tagung der Deutschen Tropenmedizinischen Gesellschaft 1969. Lübeck 1971, 339-349

HÖFLER,W., SCHMOLL,D. und VOIGT,R.: Verteilung der Schweißsekretion auf der Körperoberfläche bei der Hitzeakklimatisation. Naturwiss. 53, 506 (1966)

HÖFLER,W.: Verhalten der Schweißsekretion bei der Akklimatisation in einem natürlichen tropischen Klima. Int. Z. angew. Physiol. einschl. Arbeitsphysiol. 22, 317-326 (1966)

KEIDEL,W.D.: Kurzgefaßtes Lehrbuch der Physiologie Stuttgart 1970

KERSLAKE,D.,McK.: Errors Arising from the Use of Mean Heat Exchange Coefficients in the Calculation of the Heat Exchange of a Cylindrical Body in a Transverse Wind. In: Temp. Meas. Contr. Sc. Ind. New York 1963, 183-189

KUNO,Y.: The Physiology of Human Perspiration Springfield, III. 1956

LAASER,U.: Physiologische Reaktionen während eines fünfwöchigen Daueraufenthalts in einem künstlichen feuchtheißen Klima. Int. Z. angew. Physiol. einschl. Arbeitsphysiol. 25, 279-302 (1968)

LADELL,W.S.S. Disorders due to Heat. Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg. 51, 189-216 (1957)

PHADKE,K.P. and SCHMAUZ,R.: Skin Accesories. Als Manuskript veröffentlicht. WHO Genf 1969

RÜHLING,A.: Änderung der Gesamtschweißmenge und der in Plastikbeuteln gesammelten Extremitätenschweißmenge bei Akklimatisation in feuchtheißem und trockenheißem Klima. Dissertation Tübingen 1970

SCHMOLL,D.: Phasen der Akklimatisation an Hitzearbeit während eines 3wöchigen Daueraufenthalts in einem feuchtheißen Klima. Dissertation Tübingen 1966

STEFAN-BOLTZMANN: zit. nach GERTHSEN,CHR., KNESER,H.O. und VOGEL,H.: Lehrbuch der Physik. 11. Auflage Berlin-Heidelberg-New York 1974

THOMSON,M.L.: A Comparison between the Number and Distribution of Functioning Eccrine Sweat Glands in Europeans and Africans. J. Physiol. (London) 123, 225-233 (1954)

VAN DER WAERDEN,B.L. und NIEVERGELT,E.: Tafeln zum Vergleich zweier Stichproben mittels X-Test und Zeichentest. Berlin-Göttingen-Heidelberg 1956

WEINER,J.S.: The regional Distribution of Sweating. J. Physiol. (London) 104, 32-40 (1945)

Lebenslauf

Am 29.2.1940 wurde ich B. Sornyoun Koroma als Sohn des Plantagenbesitzers Karefa Koroma und seiner Ehefrau Mariama, geb. Blake, in Limba-Bagbo in Sierra Leone geboren.

In der Zeit von 1945 bis Ende 1950 habe ich die Bagbo-Native-Administration school in Jimmi besucht.
Von 1951 bis 1952 besuchte ich die Government Central School, ebenfalls in Jimmi.
Darauf besuchte ich die Government Secondary School in Bo bis zum Higher School Certificate 1960.

Ich arbeitete im Labor der Collegiate School in Freetown von 1961 bis 1963 als Lehrer.
Nach einem 4-monatigen Sprachkurs am Goethe-Institut in Blaubeuren begann ich Anfang 1964 an der Universität Tübingen mein Medizinstudium.
Während des Sommersemesters 1965 studierte ich in Erlangen.
Mein medizinisches Staatsexamen legte ich im Februar 1971 in Tübingen ab.

Die Medizinalassistentenzeit begann ich von Mitte Februar 1971 bis Anfang 1972 in Nagold und beendete sie danach bis Mai 1972 im St. Camillus-Hospital in Duisburg-Walsum.
Am 10.5.1972 erhielt ich meine Approbation.

Danach begann ich die Facharztausbildung als Chirurg ebenfalls in Duisburg-Walsum bis März 1974, setzte sie fort im Bethanien-Krankenhaus in Dortmund bis September 1974 und dann im Lutherhaus in Essen.

Ich arbeite heute auch noch im Lutherhaus und habe am 13.1.1978 meine Facharztanerkennung für Chirurgie erhalten.

Ich werde im Herbst 1978 nach Sierra Leone zurückkehren und dort für meine Regierung als Chirurg arbeiten.

Herr Prof. Dr.med. Höfler hat mir nicht nur dieses Thema zugeteilt, sondern er hat mir bei der Durchführung der Arbeit wertvolle Hilfe gegeben.
Dafür bin ich ihm sehr dankbar.

Ich danke Herrn Prof. Dr.med. Knüttgen für die Zurverfügungstellung der Arbeitsräume.

Besten Dank auch an Frau Hermann für die Mithilfe beim Versuchsablauf und bei der Zusammenstellung der Tabellen.

Meiner Familie danke ich besonders für die verständnisvolle Betrachtung meiner Arbeit sowie persönliche Hilfe und Anregung.